



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2024년08월30일
(11) 등록번호 10-2700437
(24) 등록일자 2024년08월26일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

B25J 9/16 (2006.01) A01D 46/30 (2006.01)
B25J 11/00 (2006.01) B25J 13/08 (2006.01)
B25J 19/02 (2006.01) G06T 7/70 (2017.01)
G06V 10/70 (2022.01) G06V 20/68 (2022.01)

(52) CPC특허분류

B25J 9/1697 (2013.01)
A01D 46/30 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2024-0060274

(22) 출원일자 2024년05월08일

심사청구일자 2024년05월08일

(56) 선행기술조사문헌

KR1020230065425 A*

KR1020240040248 A*

KR102572571 B1*

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자

충남대학교산학협력단

대전광역시 유성구 대학로 99 (궁동, 충남대학교)

(72) 발명자

강승우

부산광역시 사하구 하신변영로 365 가락타운1단지

이대현

세종특별자치시 세롬남로 18 새뜸마을1단지

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

이충한

전체 청구항 수 : 총 1 항

심사관 : 박성용

(54) 발명의 명칭 과일 자동수확을 위한 영상 기반 자동제어 장치

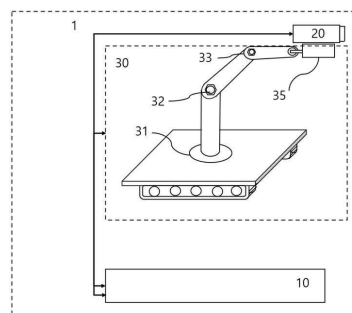
(57) 요약

본 발명은 영상기반의 과일 수확 시스템에 관한 것으로, 본 발명의 과일 수확 시스템은 깊이 인식가능한 텡스 카메라; 3축 동작 가능한 로봇팔을 구비한 로봇 수확 장치; 및 상기 로봇 수확장치와 상기 텡스 카메라에 연결되어 상기 텡스 카메라로부터 영상정보를 수신하고 상기 수신된 영상정보에 기반하여 로봇 수확 장치의 동작을 제어하기 위한 제어장치를 포함하고,

상기 제어 장치는 텡스 카메라로부터 수신되는 영상으로부터 과일 객체의 유무를 파악하고 과일 객체 영역을 검출하는 인공지능 기반의 객체 검출부; 및

인공지능 기반의 객체 검출부에서 검출된 복수의 과일 객체 영역에서 각각의 과일 객체에 대해 수확 가능성을 평가하고, 과일 객체의 3차원 공간에서의 자세를 추정하는 인공지능 기반의 자세 추정부를 포함한다.

대표도



(52) CPC특허분류

B25J 11/00 (2013.01)
B25J 13/08 (2013.01)
B25J 19/023 (2013.01)
B25J 9/163 (2013.01)
G06T 7/70 (2017.01)
G06V 10/70 (2023.08)
G06V 20/68 (2023.08)

성백경

대전광역시 유성구 도안대로 560 도안마을1단지

(72) 발명자

조수현

대전광역시 유성구 장대로80번길 67 대신주택 303호

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1545027019
과제번호	421031043SB010
부처명	다부처
과제관리(전문)기관명	농림식품기술기획평가원
연구사업명	스마트팜다부처패키지혁신기술개발(농진청, 농림부, 과기부)
연구과제명	수경재배 과채류 재배 모니터링, 적과 및 수확 로봇 기술 개발
과제수행기관명	국립농업과학원
연구기간	2021.04.07 ~ 2024.12.31

공지예외적용 : 있음

명세서

청구범위

청구항 1

깊이 인식가능한 텡스 카메라; 3축 동작 가능한 로봇팔을 구비한 로봇 수확 장치; 및 상기 로봇 수확장치와 상기 텡스 카메라에 연결되어 상기 텡스 카메라로부터 영상정보를 수신하고 상기 수신된 영상정보에 기반하여 로봇 수확 장치의 동작을 제어하기 위한 제어장치를 포함하는 영상기반의 과일 수확 시스템에 있어서,

상기 제어 장치는 텡스 카메라로부터 수신되는 영상으로부터 과일 객체의 유무를 파악하고 과일 객체 영역을 검출하는 인공지능 기반의 객체 검출부; 및

인공지능 기반의 객체 검출부에서 검출된 복수의 과일 객체 영역에서 각각의 과일 객체에 대해 수확 가능성을 평가하고, 과일 객체의 3차원 공간에서의 자세를 추정하는 인공지능 기반의 자세 추정부를 포함하고,

상기 제어장치는 과일 객체로부터 상기 텡스 카메라를 통해 광역 영상의 정보를 수신하고, 상기 제어장치의 인공지능 기반의 객체 검출부는 상기 광역 영상에서 복수의 과일 객체 영역을 검출하도록 구성되고,

상기 제어장치는 복수의 과일 객체 영역이 검출된 후 텡스 카메라로부터 추출된 거리 및 검출된 영역 크기에 기반하여 수확 객체 순위를 결정하도록 동작되고, 수확 객체 순위가 결정된 후 상기 제어장치는 수확 객체 순위를 따라 텡스 카메라를 X-Y 축상으로 이동한 후 과일 객체의 중심점 위치를 검출하도록 구성되고,

상기 제어장치는 상기 과일 객체의 중심점 위치가 결정된 후 Z축을 따라 카메라를 이동시켜 텡스 카메라를 해당 하는 파일에 근접시킨 후 수확 가능성을 평가하도록 구성되고,

상기 수확 가능성 평가는 포즈 추정 알고리즘을 통해 과일 객체의 복수의 키 포인트를 검출하고, 검출된 복수의 키 포인트 중 일부가 미리정해진 범위 내에 있는 경우 수확가능한 것으로 판단하되,

과일 객체의 포즈 추정을 위해, 데이터 수집 및 레이블링을 통해 참외의 이미지를 수집하고, 각 이미지에서 수확 가능한 키 포인트인, 수확점, 받침대, 중심, 바닥을 레이블링하고, 레이블링된 데이터는 각 포인트의 좌표로 구성되며,

수확가능한 평가 기준은 검출된 키 포인트가 미리정해진 허용 범위 내에 있는지 여부를 확인하는 PDK 평가를 수행하고, PDK 평가에 의해 검출된 키 포인트 중 미리정해진 수준 이상이 허용 범위 내에 있으면 해당 참외는 수확 가능하다고 판단하도록 구성된 것을 특징으로 하는

영상기반의 과일 수확 시스템.

청구항 2

삭제

청구항 3

삭제

청구항 4

삭제

청구항 5

삭제

발명의 설명

기술 분야

[0001]

본 발명은 과일 자동수확을 위한 영상 기반 자동제어 장치에 관한 것으로 보다 구체적으로는 참외 등을 비롯한

각종 과일을 카메라로부터 입력되는 영상 정보에 기반하여 과일을 수확할 수 있는 영상 기반의 자동제어 장치에 관한 것이다.

배경 기술

- [0003] 국내 시설원에 산업은 현재 기후 변화, 경작지 감소 등으로 인해 경영 악화와 같은 많은 문제가 발생하고 있으며, 특히 농촌 인구 이탈에 의한 농업 노동력 감소 문제로 재배 농가 및 생산량 저하 문제가 지속적으로 제기되고 있다.
- [0005] 시설원에 산업의 주요 도전 과제 중 하나는 노동력 감소로 인한 생산 가능 인구 감소의 해결이며, 재배 시설의 첨단화 및 무인 기계화는 시설원에 산업의 생산성 유지 및 지속가능성을 위해 절실히 필요한 실정이다.
- [0007] 농업 첨단화의 대표적인 연구 중 하나인 농업용 로봇 기술은 노동력 문제에 대응하기 위한 핵심기술 중 하나로 파종, 정식, 경운, 수확 등 작업의 무인 자율화가 가능하게 한다.
- [0009] 수확 작업의 경우 다른 농작업과 다르게 작업 과정이 명확하게 정의가 되며, 타 농경지에 대비해 상대적으로 정형화 되어있는 시설원에 분야의 과채류 수확을 위한 수확 로봇의 연구 개발이 진행되고 있으며, 그 규모는 점차 큰 폭으로 확대될 것으로 예상되고 있다.
- [0011] 시설 과채류 수확을 위한 기계화 및 자동화 시도가 수행되었으나, 작물의 특성과 시설의 환경적 복잡성을 해결하기 위한 인식 기술의 확보가 필수적이다. 현재 개발된 인식 기술의 경우 외형적 특징을 직접 추출하여 재배 환경에서 과실을 인식하는 방법으로 주로 수행되었으나, 이는 다양하고 복잡한 환경에서 안정된 인식 성능을 보장할 수 없다. 특히, 대부분의 인식 기술의 경우 과실부를 잡고 수확하는 방법을 기반으로 개발되었으나, 과실부를 직접 잡게 되면 상품 파손에 의한 상품성 저하 문제가 발생하여 오히려 농가 생산량을 저하시킬 위험이 높다.
- [0013] 최근에는 딥러닝과 같은 데이터 기반 학습이 가능한 인공지능 모델의 성능이 높아지고 있고, 큰 연산량 처리를 위한 하드웨어 시스템 사양 또한 매우 발전된 상황이기 때문에 다양한 환경에서 안정적인 인식이 가능하다. 또한, 과채류 자율 수확 시 상품성을 보존하기 위해 과실이 매달려 있는 줄기를 절단하는 절단형 방법이 주로 연구 개발되고 있다.
- [0015] 그러나, 복잡한 환경에서 과채류의 절단을 위한 줄기 부분의 인식은 재배 영역의 비슷한 시각적 요소로 인해 어려운 문제이다.

선행기술문헌

특허문헌

- [0017] (특허문헌 0001) 대한민국 특허등록공보 제10-1405858호(공고일: 2014년 06월 16일)

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0018] 본 발명은 전술한 문제점에 기반하여 안출된 발명으로 본 발명은 비파괴 자동수확을 가능하게 하기 위한 영상 기반 제어 장치를 제공하는 것을 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

- [0020] 전술한 과제를 해결하기 위해 본 발명의 일양태에 따르면 영상기반의 과일 수확 시스템이 제공된다. 상기 영상 기반의 과일 수확 시스템은 깊이 인식가능한 텡스 카메라; 3축 동작 가능한 로봇팔을 구비한 로봇 수확 장치; 및 상기 로봇 수확장치와 상기 텡스 카메라에 연결되어 상기 텡스 카메라로부터 영상정보를 수신하고 상기 수신된 영상정보에 기반하여 로봇 수확 장치의 동작을 제어하기 위한 제어장치를 포함하고,
- [0021] 상기 제어 장치는 텡스 카메라로부터 수신되는 영상으로부터 과일 객체의 유무를 파악하고 과일 객체 영역을 검출하는 인공지능 기반의 객체 검출부; 및
- [0022] 인공지능 기반의 객체 검출부에서 검출된 복수의 과일 객체 영역에서 각각의 과일 객체에 대해 수확 가능성을

평가하고, 과일 객체의 3차원 공간에서의 자세를 추정하는 인공지능 기반의 자세 추정부를 포함한다.

[0024] 또한 전술한 양태에서, 제어장치는 과일 객체로부터 상기 템스 카메라를 통해 광역 영상의 정보를 수신하고, 상기 제어장치의 인공지능 기반의 객체 검출부는 상기 광역 영상에서 복수의 과일 객체 영역을 검출하도록 구성된다.

[0026] 또한 전술한 어느 하나의 양태에서, 제어장치는 복수의 과일 객체 영역이 검출된 후 템스 카메라로부터 추출된 거리 및 검출된 영역 크기에 기반하여 수확 객체 순위를 결정하도록 동작되고, 수확 객체 순위가 결정된 후 상기 제어장치는 수확 객체 순위를 따라 템스 카메라를 X-Y 축상으로 이동한 후 과일 객체의 중심점 위치를 검출하도록 구성된다.

[0028] 또한 전술한 어느 하나의 양태에서, 제어장치는 상기 과일 객체의 중심점 위치가 결정된 후 Z축을 따라 카메라를 이동시켜 템스 카메라를 해당하는 과일에 근접시킨 후 수확 가능성을 평가하도록 구성된다.

[0030] 또한 전술한 어느 하나의 양태에서, 수확 가능성 평가는 포즈 추정 알고리즘을 통해 과일 객체의 복수의 키 포인트를 검출하고, 검출된 복수의 키 포인트 중 일부가 미리정해진 범위 내에 있는 경우 수확가능한 것으로 판단한다.

발명의 효과

[0032] 전술한 본 발명의 실시예에 따르면 카메라로부터 획득되는 광범위 영상에서 객체의 위치 정보를 파악하고 또한 근접 영상에서 식물의 생리학적 정보에 기반하여 수확 지점을 추정함으로써 과일의 비파괴 자동수확이 가능하게 된다.

도면의 간단한 설명

[0034] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 영상 기반의 과일 자동수확 시스템의 예를 나타내는 도면;
 도 2는 영상 기반의 과일 자동수확 시스템의 주요 구성을 나타내는 도면;
 도 3은 영상 기반의 과일 자동수확 시스템의 제어 장치에서의 주요 제어 흐름을 나타내는 도면;
 도 4는 도 3의 제어 흐름에서의 주요 과정을 설명하기 위한 도면;
 도 5는 도 3의 제어 장치에서의 주요 제어 흐름 중 단계 S11 내지 단계 S13을 보다 구체적으로 설명하기 위한 설명도;
 도 6는 도 3의 제어 장치에서의 주요 제어 흐름 중 단계 S14 내지 단계 S15을 보다 구체적으로 설명하기 위한 설명도;
 도 7는 도 3의 제어 장치에서의 주요 제어 흐름 중 단계 S16 내지 단계 S17을 보다 구체적으로 설명하기 위한 설명도;
 도 8는 도 3의 제어 장치에서의 주요 제어 흐름 중 단계 S18 내지 단계 S21을 보다 구체적으로 설명하기 위한 설명도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0035] 본 발명의 이점 및 특징, 그리고 그것들을 달성하는 방법은 첨부되는 도면과 함께 상세하게 후술되는 실시예를 참조하면 명확해질 것이다. 그러나, 본 발명은 이하에서 개시되는 실시예에 한정되는 것이 아니라 서로 다른 다양한 형태로 구현될 것이다.

[0037] 본 명세서에서 본 실시예는 본 발명의 개시가 완전하도록 하며, 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 발명의 범주를 완전하게 알려주기 위해 제공되는 것이다. 그리고 본 발명은 청구항의 범주에 의해 정의될 뿐이다. 따라서, 몇몇 실시예들에서, 잘 알려진 구성 요소, 잘 알려진 동작 및 잘 알려진 기술들은 본 발명이 모호하게 해석되는 것을 피하기 위하여 구체적으로 설명되지 않는다.

[0039] 명세서 전체에 걸쳐 동일 참조 부호는 동일 구성 요소를 지칭한다. 그리고, 본 명세서에서 사용된(언급된) 용어들은 실시예들을 설명하기 위한 것이며 본 발명을 제한하고자 하는 것은 아니다. 본 명세서에서, 단수형은 문구에서 특별히 언급하지 않는 한 복수형도 포함한다. 또한, '포함(또는, 구비)한다'로 언급된 구성 요소 및 동작

은 하나 이상의 다른 구성요소 및 동작의 존재 또는 추가를 배제하지 않는다.

- [0041] 다른 정의가 없다면, 본 명세서에서 사용되는 모든 용어(기술 및 과학적 용어를 포함)는 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 공통적으로 이해될 수 있는 의미로 사용될 수 있을 것이다. 또 일반적으로 사용되는 사전에 정의되어 있는 용어들은 정의되어 있지 않은 한 이상적으로 또는 과도하게 해석되지 않는다.
- [0043] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 과일 자동수확 시스템의 일례를 나타내는 도면이다. 도 1에 도시된 바와 같이 과일 자동수확 시스템(1)은 3축 운동 가능한 로봇 팔을 구비한 로봇 수확장치(30); 상기 로봇 수확 장치(30)의 일단부에 제공되는 영상촬영장치(20); 상기 로봇 수확장치(30)와 상기 영상촬영장치(20)에 연결되어 상기 영상촬영장치(20)로부터 영상정보를 수신하고 상기 수신된 영상정보에 기반하여 로봇 수확부(30)의 동작을 제어하기 위한 제어장치(10)를 포함하여 구성된다.
- [0045] 로봇 수확장치(30)의 3축 로봇팔은 3개의 관절 링크 및 서보모터로 구성되어 있으며, 하단부의 베이스 관절부(31)는 좌우로 회전이 가능하도록 구성되어 있고 절단이나 파지와 같은 작업이 수행되는 엔드 이펙터(35)의 상단부에는 영상촬영장치(20)로서 핸즈-온(Hands-on) 형식의 카메라(20)가 장착된다. 각각의 관절 링크(31~33)는 핸즈-온 카메라와(20)의 기구학적 관계를 사용하여 이동 각도가 결정된다. 여기서 핸즈-온 카메라는 깊이 인식이 가능한 맵스 카메라일 수 있다.
- [0047] 제어장치(10)는 로봇팔 제어 및 딥러닝 알고리즘이 동시에 수행되며, 설정된 시퀀스에 맞게 각각의 모듈 형식으로 제어가 수행된다.
- [0049] 로봇팔의 초기 위치는 설정된 기본값에 의해 고정되며 제어장치(10)는 해당 위치에서 대략적인 객체 인식 및 거리 파악을 위한 딥러닝 알고리즘을 수행하고 대상 객체와 카메라의 기구학적 관계를 분석하여 객체 특정화를 위한 목표 지점으로 이동한다.
- [0051] 객체 특정화를 위한 목표 지점에 도달한 후(객체에 접근 후) 제어장치(10)는 수확 지점 결정을 위한 자세 추정 모델을 수행하고 맵스 카메라(20)와 연동하여 줄기 및 객체의 자세정보 및 공간정보를 획득할 수 있다.
- [0053] 자세 정보 획득 이후 일정 시간이 지나면 수확으로 간주하며, 이후 영상장치는 초기 설정된 지점으로 이동하며 이와 같은 과정을 반복하게 된다.
- [0055] 보다 구체적으로 도 3은 본 발명의 실시예에 따른 3축 로봇팔을 이용하여 자동으로 과일을 수확하기 위한 제어장치(10)에서의 제어 흐름을 개략적으로 도시한 흐름도이고, 도 4는 도 3의 주요 단계를 나타내는 설명도이다.
- [0057] 도 3에 도시된 바와 같이 제어장치는 참외 재배 환경을 모니터링 하는 단계(S11); 대상 과일의 유무를 파악하는 단계(S12); 복수 객체 영역을 검출하는 단계(S13); 수확우선 순위를 선정하는 단계(객체 선정 단계)(S14); X-Y축 카메라 이동 단계(S15); 중심점 위치 검출 단계(S16); Z축 카메라 이동 단계(객체 근접)(S17); 수확 가능성 평가 단계(S18); 3차원 자세 인식 단계(S19); 수확 단계(S20); 및 수확 종료 단계(S21)를 포함한다.
- [0059] 도 5는 참외 재배 환경 모니터링 단계는 카메라로부터 입력되는 영상을 딥러닝을 통해 영상내 과일이 있는지 여부가 판단된다. 약지도 학습을 통한 과일 영역의 유무는 데이터 수집 및 학습을 통해 훈련될 수 있으며, 개략적으로 다음과 같은 과정을 거치게 된다.
- [0061] - 데이터 수집: 훈련을 위해 해당 과일(실시예에서는 참외)과 관련된 이미지를 수집한다. 가능하면 여러 각도와 조명 조건에서 다양한 측면의 이미지를 수집하는 것이 바람직하다. 학습을 위한 이미지는 학습과정에서 카메라를 통해 촬영되어 수집되어도 좋다.
- [0063] - 레이블링: 수집한 이미지를 라벨링하여 해당 과일의 존재 여부를 나타내는 레이블을 지정한다. 예를 들어, 해당 과일이 이미지에 존재하면 "1"로 레이블을 지정하고, 존재하지 않으면 "0"으로 레이블을 지정할 수 있다.
- [0065] - 모델 선택: 약지도 학습을 위한 모델을 선택합니다. 주로 사용되는 딥러닝 모델로는 CNN(Convolutional Neural Network)이 있으며, 이를 기반으로 CAM(Class Activation Map)을 생성할 수 있다.
- [0067] - CAM 생성: 선택한 딥러닝 모델을 사용하여 CAM을 생성한다. CAM은 네트워크의 활성화를 시각화하는 기술 중 하나로, 특정 객체 또는 클래스(참외)와 관련된 중요한 영역을 강조할 수 있다.
- [0069] - CAM을 이용한 과일 검출: CAM을 사용하여 입력된 영상에서 과일이 있는 영역을 감지한다. CAM의 활성화 맵을 기반으로 입력 이미지에서 해당 클래스(참외)와 관련된 영역을 찾을 수 있다.
- [0071] - 모델 훈련 및 평가: 수집한 데이터를 사용하여 선택한 모델을 훈련하고, 평가한다. 훈련된 모델을 사용하여

입력된 영상에서 과일 존재 여부를 판단할 수 있다.

- [0073] 전술한 설명에서는 딥러닝 또는 인공신경망 예를 들면 컨볼루션 신경망(CNN: Convolutional Neural Network)을 이용하는 것으로 설명하고 있다. 그러나 본 발명은 이에 한정되는 것은 아니고 CNN(Convolutional Neural Network) 이외에도, DNN(Deep Neural Network), RNN(Recurrent Neural Network), BRDNN(Bidirectional Recurrent Deep Neural Network), MLP(Multilayer Perceptron)와 같은 방식의 네트워크 모델들을 이용할 수도 있으며, 본 발명이 이에 한정되는 것은 아니다.
- [0075] 인공신경망은 생물학적 뉴런의 동작원리와 뉴런간의 연결 관계를 모델링한 것으로 노드(node) 또는 처리 요소(processing element)라고 하는 다수의 뉴런들이 레이어(layer) 구조의 형태로 연결된 정보처리 시스템이다. 인공신경망은 시냅스(synapse)의 결합으로 네트워크를 형성한 인공 뉴런(노드)이 학습을 통해 시냅스의 결합 세기를 변화시켜, 문제 해결 능력을 가지는 모델 전반을 의미할 수 있다.
- [0077] 용어 인공신경망은 용어 뉴럴 네트워크(Neural Network)와 혼용되어 사용될 수 있으며, 인공신경망은 복수의 레이어(layer)를 포함할 수 있고, 레이어들 각각은 복수의 뉴런(neuron)을 포함할 수 있다. 또한 인공신경망은 뉴런과 뉴런을 연결하는 시냅스를 포함할 수 있다.
- [0079] 인공 신경망은 일반적으로 다음의 세가지 인자, 즉 (1) 다른 레이어의 뉴런들 사이의 연결 패턴 (2) 연결의 가중치를 갱신하는 학습 과정 (3) 이전 레이어로부터 수신되는 입력에 대한 가중 합으로부터 출력값을 생성하는 활성화 함수에 의해 정의될 수 있다.
- [0081] 본 명세서에서 용어 '레이어'는 용어 '계층'과 혼용되어 사용될 수 있다. 인공신경망은 계층 수에 따라 단층 신경망(Single-Layer Neural Networks)과 다층 신경망(Multi-Layer Neural Networks)으로 구분된다.
- [0083] 일반적인 단층 신경망은, 입력층과 출력층으로 구성된다. 또한 일반적인 다층 신경망은 입력층(Input Layer)과 하나 이상의 은닉층(Hidden Layer), 출력층(Output Layer)으로 구성된다. 입력층은 외부의 자료들을 받아들이는 층으로서, 입력층의 뉴런 수는 입력되는 변수의 수와 동일하며, 은닉층은 입력층과 출력층 사이에 위치하며 입력층으로부터 신호를 받아 특성을 추출하여 출력층으로 전달한다. 출력층은 은닉층으로부터 신호를 받고, 수신한 신호에 기반한 출력 값을 출력한다. 뉴런간의 입력신호는 각각의 연결강도(가중치)와 곱해진 후 합산되며 이 합이 뉴런의 임계치보다 크면 뉴런이 활성화되어 활성화 함수를 통하여 획득한 출력값을 출력한다. 한편 입력층과 출력 층 사이에 복수의 은닉층을 포함하는 심층 신경망은, 기계 학습 기술의 한 종류인 딥 러닝을 구현하는 대표적인 인공 신경망일 수 있다. 한편 용어 '딥 러닝'은 용어 '심층 학습'과 혼용되어 사용될 수 있다.
- [0085] 인공 신경망은 훈련 데이터(training data)를 이용하여 학습(training)될 수 있다. 여기서 학습이란, 입력 데이터를 분류(classification)하거나 회귀분석(regression)하거나 군집화(clustering)하는 등의 목적을 달성하기 위하여, 학습 데이터를 이용하여 인공 신경망의 파라미터(parameter)를 결정하는 과정을 의미할 수 있다.
- [0087] 인공신경망의 파라미터의 대표적인 예시로써, 시냅스에 부여되는 가중치(weight)나 뉴런에 적용되는 편향(bias)을 들 수 있다. 훈련 데이터에 의하여 학습된 인공 신경망은, 입력 데이터를 입력 데이터가 가지는 패턴에 따라 분류하거나 군집화 할 수 있다.
- [0089] 한편 훈련 데이터를 이용하여 학습된 인공 신경망을, 본 명세서에서는 학습 모델(a trained model)이라 명칭할 수 있으며, 인공 신경망의 학습 방식은 크게, 지도 학습, 비 지도 학습, 준 지도 학습(Semi-Supervised Learning), 강화 학습(Reinforcement Learning)으로 분류될 수 있으며, 본 발명의 실시예에서는 CAM을 이용하여 과일 클래스를 판단하도록 구성되어 있지만 본 발명이 이에 한정되는 것은 아니다.
- [0091] 지도 학습은 훈련 데이터로부터 하나의 함수를 유추해내기 위한 기계 학습의 한 방법이다. 그리고 이렇게 유추되는 함수 중, 연속적인 값을 출력하는 것을 회귀분석(Regression)이라 하고, 입력 벡터의 클래스(class)를 예측하여 출력하는 것을 분류(Classification)라고 할 수 있다.
- [0093] 지도 학습에서는, 훈련 데이터에 대한 레이블(label)이 주어진 상태에서 인공 신경망을 학습시킨다. 여기서 레이블이란, 훈련 데이터가 인공 신경망에 입력되는 경우 인공 신경망이 추론해 내야 하는 정답(또는 결과 값)을 의미할 수 있다.
- [0095] 본 명세서에서는 훈련 데이터가 입력되는 경우 인공 신경망이 추론해 내야 하는 정답(또는 결과값)을 레이블 또는 레이블링 데이터(labeling data)이라 명칭할 수도 있다.
- [0097] 또한 본 명세서에서는, 인공 신경망의 학습을 위하여 훈련 데이터에 레이블을 설정하는 것을, 훈련 데이터에 레

이블링 데이터를 레이블링(labeling) 한다고 명칭한다.

- [0099] 이 경우 훈련 데이터와 훈련 데이터에 대응하는 레이블은 하나의 트레이닝 셋(training set)을 구성하고, 인공 신경망에는 트레이닝 셋의 형태로 입력될 수 있다.
- [0101] 한편 훈련 데이터는 복수의 특징(feature)을 나타내고, 훈련 데이터에 레이블이 레이블링 된다는 것은 훈련 데이터가 나타내는 특징에 레이블이 달린다는 것을 의미할 수 있다. 이 경우 훈련 데이터는 입력 객체의 특징을 벡터 형태로 나타낼 수 있다. 인공 신경망은 훈련 데이터와 레이블링 데이터를 이용하여, 훈련 데이터와 레이블링 데이터의 연관 관계에 대한 함수를 유추할 수 있다. 그리고, 인공 신경망에서 유추된 함수에 대한 평가를 통해 인공 신경망의 파라미터가 결정(최적화)될 수 있다.
- [0103] 다음으로 도 5를 참조하면 환경 모니터링 단계이후 대상 과일 유무가 파악된다. 대상 과일 유무의 파악은 환경 모니터링 과정을 통해 검출된 과일 영역에서 임계값 기준 노이즈를 제거하고 과일로 판단된 영역들을 모두 복수 객체 영역으로 검출하게 된다.
- [0105] 도 6은 단계 S14 내지 단계 S16을 설명하기 위한 설명도이다. 단계 S14에서는 이전 단계 S16을 통해 검출된 복수의 객체 영역에 대해 수확 우선 순위를 결정한다. 수확 우선 순위의 결정은 전술한 바와 같은 텀스 카메라에서 추출된 거리 및 검출된 영역의 크기를 통해 결정될 수 있다. 도 6에 도시된 바와 같이 제어 장치는 복수의 영역 내에서 수확 우선 순위를 결정하게 된다.
- [0107] 단계 S14에서 수확 우선 순위가 결정되고 나면 제어 장치는 단계 S15에서 우선 순위에 따라(도 6에서 1, 2, 3의 순서) 카메라의 X-Y 축을 이동하여 우선 순위의 객체가 영상의 중앙에 위치하도록 로봇팔을 제어한다. X-Y 축 카메라 이동에 의해 해당 객체가 화면의 중심에 이동되고 나면 제어장치는 영상으로부터 해당하는 객체의 중심점을 검출하게 된다.
- [0109] 도 7은 단계 S17 및 단계 S18을 설명하기 위한 설명도이다. 단계 S16에서 해당하는 객체의 중심점이 검출되고 나면, 제어장치는 검출된 중심점 위치에 기반하여 Z축을 따라 카메라가 이동하여 객체에 근접하도록 로봇팔을 제어하게 된다. 카메라가 미리결정된 거리만큼 이격되어 해당 객체에 위치되면 제어장치는 근접된 상태에서 수확가능성을 평가하게 된다.
- [0111] 수확 가능성은 딥러닝 중 포즈 추정(Pose estimation)을 통해 구현될 수 있다. 포즈 추정을 통해 해당 객체의 자세를 인식하는 것이 가능하다. 본 발명에서는 참외의 자세를 검출하기 위한 키 포인트로서 수확점(harvesting point), 꽃받침(calyx), 중심(center), 바닥(bottom)을 인식하도록 훈련된다.
- [0113] 포즈 추정은(Convolutional Neural Networks(CNNs) 및 관련 기술을 기반으로 구성되며, 주요 아키텍처로는 OpenPose, PoseNet, Hourglass 등이 이용될 수 있다. 일반적으로 이러한 아키텍처는 이미지를 입력으로 받아 각 키 포인트의 위치에 대한 추정을 출력으로 생성할 수 있다.
- [0115] 과일 객체의 포즈 추정을 위해, 데이터 수집 및 레이블링을 통해 참외의 이미지를 수집하고, 각 이미지에서 수확 가능한 지점(수확점, calyx, center, bottom)을 레이블링하고, 레이블링된 데이터는 각 포인트의 좌표로 구성될 수 있다.
- [0117] 포즈 추정을 수행할 수 있는 딥러닝 모델로서 Hourglass, OpenPose, 또는 다른 관련 모델이 사용될 수 있으며, 선택한 모델을 레이블링된 참외 이미지 데이터로 훈련시킬 수 있다.
- [0119] 평가 기준은 검출된 키 포인트가 일정 범위 내에 있는지 여부를 확인하는 것으로 구성될 수 있다. 예를 들어, 수확점, 받침대, 중심, 바닥 각각에 대해 허용 범위가 정의될 수 있으며, 검출된 각 키 포인트가 허용 범위 내에 있는지 확인할 수 있다(PDK 평가).
- [0121] PDK 평가에 의해 검출된 포인트 중 일정 수준 이상(예를 들어, 최소 2개 이상)이 허용 범위 내에 있으면 해당 참외는 수확 가능하다고 판단될 수 있다.
- [0123] 도 8은 단계 S19 내지 단계 S21을 설명하기 위한 설명도이다.
- [0124] 단계 S18에서 수확가능성이 평가된 후 수확 가능한 것으로 평가되면 이어진 단계 S19에서 제어장치는 수확하고자 하는 객체의 3차원 자세를 인식하는 과정을 수행하고, 이 단계에서 수확에 필요한 방향각이 계산된다.
- [0126] 방향각은 과일의 실제 3차원 위치와 자세 파악을 통해 수행된다. 카메라로부터 얻어지는 영상은 깊이 정보를 포함하고 있고, 이를 통해 3차원 공간 상에서의 수확점, 중심점, 바닥점을 연결한 객체의 자세 정보가 얻어질 수

있고, 이를 통해 엔드 이펙터에 연결된 그리퍼(gripper) 접근에 필요한 방향각(x, y, z, roll, pitch, yaw)이 추출될 수 있다.

[0128] 그리퍼 접근에 필요한 방향각이 추출되고 나면 제어장치는 수확에 필요한 방향각에 기반하여 그리퍼의 근접제어가 수행되고, 이때 제어장치는 이전 단계에서 계산된 방향각(x, y, z, roll, pitch, yaw)을 이용하여 과일의 수확을 수행하고 단계 S12로 복귀하거나 대상 과일이 없는 경우 수확 프로세스를 종료하게 된다.

[0130] 이상에서 설명된 장치는 하드웨어 구성요소, 소프트웨어 구성요소, 및/또는 하드웨어 구성요소 및 소프트웨어 구성요소의 조합으로 구현될 수 있다. 예를 들어, 실시예들에서 설명된 장치 및 구성요소는, 예를 들어, 프로세서, 콘트롤러, ALU(arithmetic logic unit), 디지털 신호 프로세서(digital signal processor), 마이크로컴퓨터, FPA(field programmable array), PLU(programmable logic unit), 마이크로프로세서, 또는 명령(instruction)을 실행하고 응답할 수 있는 다른 어떠한 장치와 같이, 하나 이상의 범용 컴퓨터 또는 특수 목적 컴퓨터를 이용하여 구현될 수 있다. 처리 장치는 운영 체제(OS) 및 상기 운영 체제 상에서 수행되는 하나 이상의 소프트웨어 애플리케이션을 수행할 수 있다. 또한, 처리 장치는 소프트웨어의 실행에 응답하여, 데이터를 접근, 저장, 조작, 처리 및 생성할 수도 있다. 이해의 편의를 위하여, 처리 장치는 하나가 사용되는 것으로 설명된 경우도 있지만, 해당 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자는, 처리 장치가 복수 개의 처리 요소(processing element) 및/또는 복수 유형의 처리 요소를 포함할 수 있음을 알 수 있다. 예를 들어, 처리 장치는 복수 개의 프로세서 또는 하나의 프로세서 및 하나의 콘트롤러를 포함할 수 있다. 또한, 병렬 프로세서(parallel processor)와 같은, 다른 처리 구성(processing configuration)도 가능하다.

[0132] 소프트웨어는 컴퓨터 프로그램(computer program), 코드(code), 명령(instruction), 또는 이들 중 하나 이상의 조합을 포함할 수 있으며, 원하는 대로 동작하도록 처리 장치를 구성하거나 독립적으로 또는 결합적으로(collectively) 처리 장치를 명령할 수 있다. 소프트웨어 및/또는 데이터는, 처리 장치에 의하여 해석되거나 처리 장치에 명령 또는 데이터를 제공하기 위하여, 어떤 유형의 기계, 구성요소(component), 물리적 장치, 가상장치(virtual equipment), 컴퓨터 저장 매체 또는 장치, 또는 전송되는 신호 파(signal wave)에 영구적으로, 또는 일시적으로 구체화(embodiment)될 수 있다. 소프트웨어는 네트워크로 연결된 컴퓨터 시스템 상에 분산되어서, 분산된 방법으로 저장되거나 실행될 수도 있다. 소프트웨어 및 데이터는 하나 이상의 컴퓨터 판독 가능 기록 매체에 저장될 수 있다.

[0134] 실시예에 따른 방법은 다양한 컴퓨터 수단을 통하여 수행될 수 있는 프로그램 명령 형태로 구현되어 컴퓨터 판독 가능 매체에 기록될 수 있다. 상기 컴퓨터 판독 가능 매체는 프로그램 명령, 데이터 파일, 데이터 구조 등을 단독으로 또는 조합하여 포함할 수 있다. 상기 매체에 기록되는 프로그램 명령은 실시예를 위하여 특별히 설계되고 구성된 것들이거나 컴퓨터 소프트웨어 당업자에게 공지되어 사용 가능한 것일 수도 있다. 컴퓨터 판독 가능 기록 매체의 예에는 하드 디스크, 플로피 디스크 및 자기 테이프와 같은 자기 매체(magnetic media), CD-ROM, DVD와 같은 광기록 매체(optical media), 플롭티컬 디스크(floptical disk)와 같은 자기-광 매체(magneto-optical media), 및 롬(ROM), 램(RAM), 플래시 메모리 등과 같은 프로그램 명령을 저장하고 수행하도록 특별히 구성된 하드웨어 장치가 포함된다. 프로그램 명령의 예에는 컴파일러에 의해 만들어지는 것과 같은 기계어 코드뿐만 아니라 인터프리터 등을 사용해서 컴퓨터에 의해서 실행될 수 있는 고급 언어 코드를 포함한다. 상기된 하드웨어 장치는 실시예의 동작을 수행하기 위해 하나 이상의 소프트웨어 모듈로서 작동하도록 구성될 수 있으며, 그 역도 마찬가지이다.

[0136] 이상과 같이 실시예들이 비록 한정된 도면에 의해 설명되었으나, 해당 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 상기의 기재로부터 다양한 수정 및 변형이 가능하다. 예를 들어, 설명된 기술들이 설명된 방법과 다른 순서로 수행되거나, 및/또는 설명된 시스템, 구조, 장치, 회로 등의 구성요소들이 설명된 방법과 다른 형태로 결합 또는 조합되거나, 다른 구성요소 또는 균등물에 의하여 대치되거나 치환되더라도 적절한 결과가 달성될 수 있다.

[0138] 따라서 본 발명은 진술한 실시예에 한정되지 않으며, 본 발명의 단순한 변형 내지 변경은 모두 본 발명의 범주에 속하는 것으로 본 발명의 구체적인 보호 범위는 첨부된 특허청구범위에 의해 명확해질 것이다.

부호의 설명

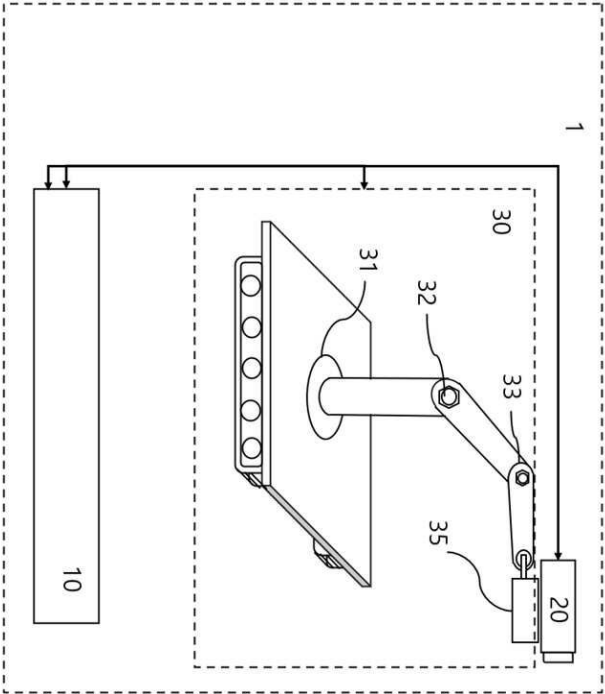
[0140]	10: 제어 장치	12: AI 기반 자세 추정 모듈
	14: AI 기반 객체 검출 모듈	20: 카메라 장치
	30: 로봇 장치	31: 베이스부

32,33: 관절부

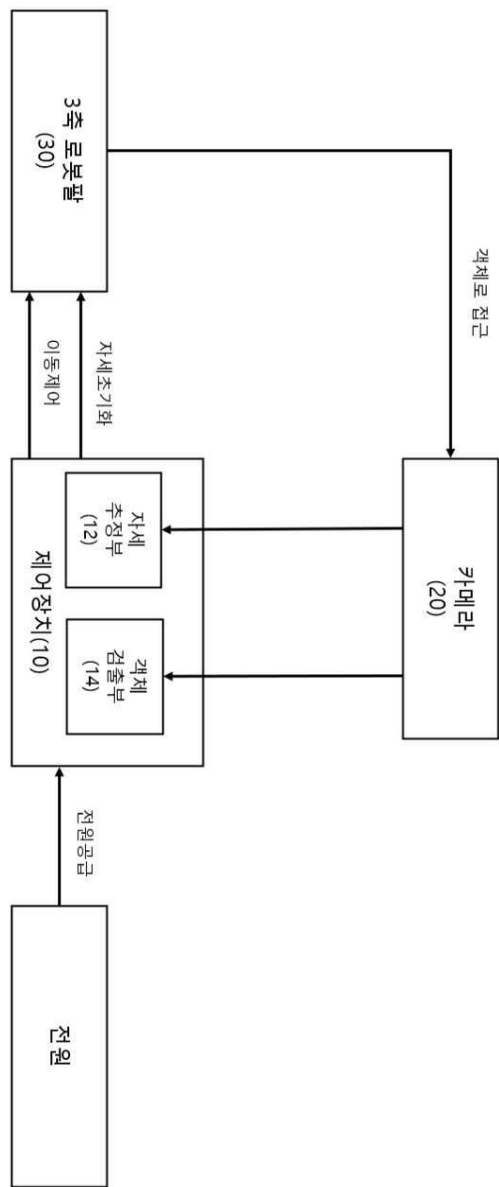
35: 엔드 이펙터

도면

도면1



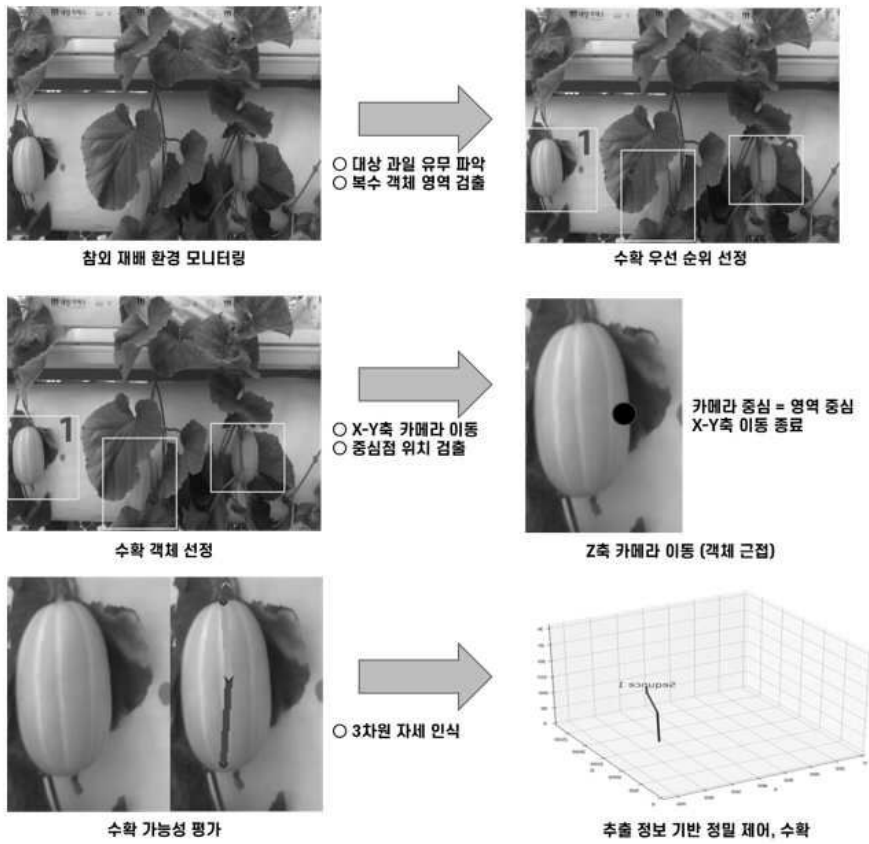
도면2



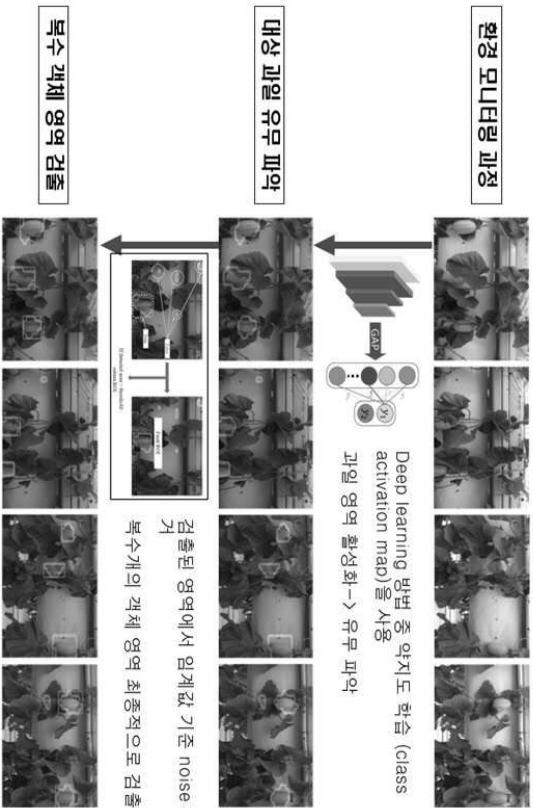
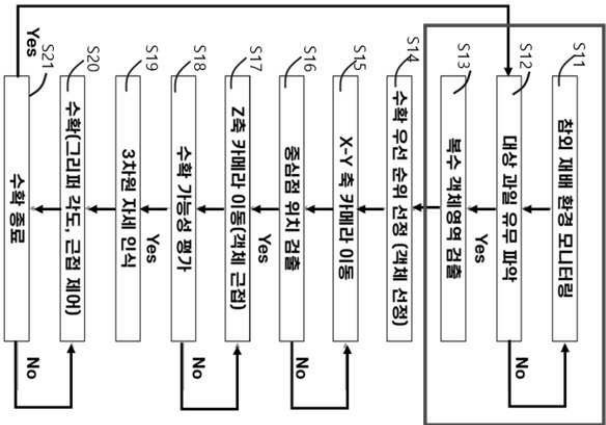
도면3



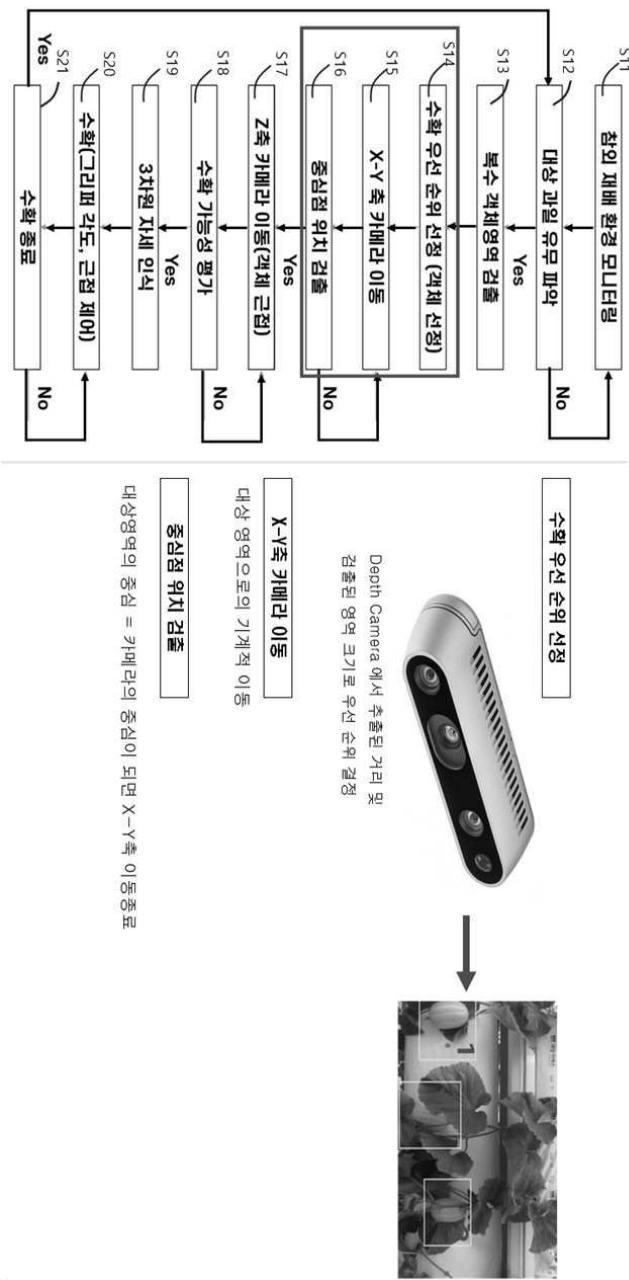
도면4



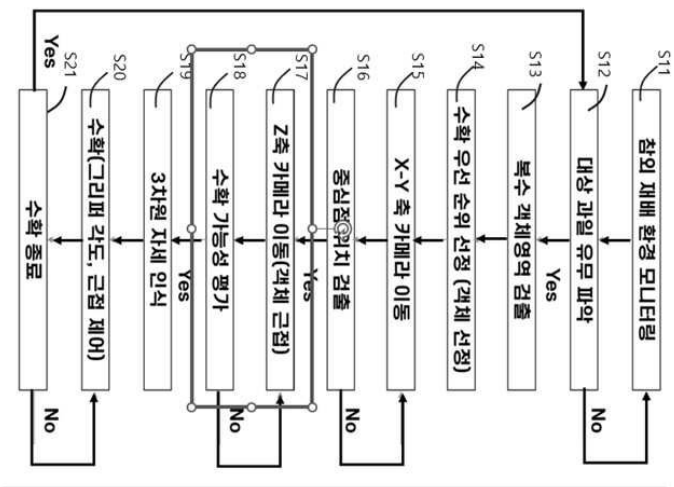
도면5



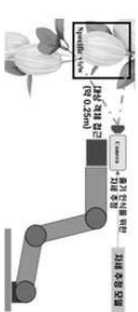
도면6



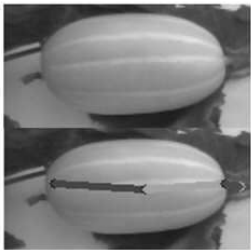
도면 7



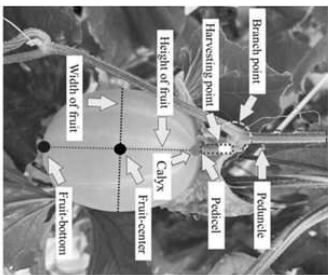
Z축 카메라 이동 : 기계적 이동으로 객체 근접



수확 가능성 평가 (자세 인식)

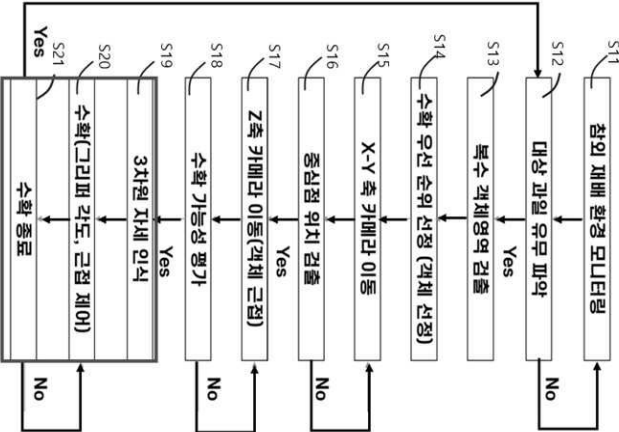


Deep learning 방법 중 Pose estimation 방법 사용
참외를 구성하는 4개 지점 (자세: harvesting point, calyx, center, bottom) 인식
이후 검출된 키포인트가 일정 범위 내에 들어 있는지 (세대로 검출되는지) 평가하는 PDK 평가 수행
PDK 평가에서 일정 수준 (수확 가능 지점 최소 2개 (calyx, harvesting point 포함) 이상 검출) 시 수확 가능하다고 판단



참외 자세 구성

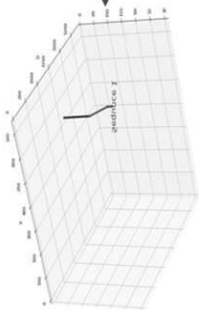
도면8



3차원 자세 인식



수확에 필요한 방향각 추출



수확 (그리퍼 각도, 근접 제어)

3차원 정보에서 추출된 방향각 (x, y, z, roll, pitch, yaw) 에서 그리퍼의 접근 각도 및 근접 제어 수행 및 수확